

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004年2月5日 (05.02.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/011973 A1

(51) 国際特許分類: G02B 6/10, 6/26 (72) 発明者; および  
 (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/008203 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ); 藤田 仁 (FU-JITA,Jin) [JP/JP]; 〒210-0843 神奈川県 川崎市 川崎区 小田栄 2 丁目 1 番 1 号 昭和電線電纜株式会社内 Kanagawa (JP). 大登 正敬 (OTO, Masanori) [JP/JP]; 〒210-0843 神奈川県 川崎市 川崎区 小田栄 2 丁目 1 番 1 号 昭和電線電纜株式会社内 Kanagawa (JP). 森下 裕一 (MORISHITA, Yuichi) [JP/JP]; 〒210-0843 神奈川県 川崎市 川崎区 小田栄 2 丁目 1 番 1 号 昭和電線電纜株式会社内 Kanagawa (JP).

(22) 国際出願日: 2003年6月27日 (27.06.2003) (74) 代理人: 守谷 一雄 (MORIYA,Kazuo); 〒103-0023 東京都 中央区 日本橋本町 3 丁目 1 番 13 号 ロツツ和奥ビル 守谷・渡部内外特許事務所 Tokyo (JP).

(25) 国際出願の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): CA, CN, KR, US.

(26) 国際公開の言語: 日本語

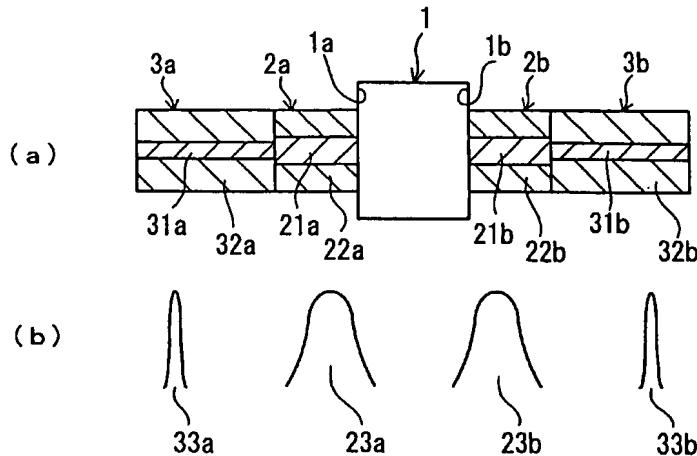
(30) 優先権データ: 特願2002-219701 2002年7月29日 (29.07.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について); 昭和電線電纜株式会社 (SHOWA ELECTRIC WIRE & CABLE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒210-0843 神奈川県 川崎市 川崎区 小田栄 2 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP).

(締葉有)

(54) Title: OPTICAL FIBER COMPONENT

(54) 発明の名称: 光ファイバ部品



(57) Abstract: An optical fiber component comprises an optical element (1), a pair of PhC fibers (2a, 2b) with a large MFD (approximately 30 to 50  $\mu$ m), and a pair of SM fibers (3a, 3b) with a small MFD (approximately 10  $\mu$ m). The pair of the PhC fibers (2a, 2b) has cores (21a, 21b) for transmitting light and clads (22a, 22b) provided on the outer periphery of the cores (21a, 21b). An output end of a first PhC fiber (2a) is optically connected to a light incident end-face (1a) of the optical element (1) with the first PhC fiber output-end aligned with the optical axis of the optical element (1). An input end of a second PhC fiber (2b) is optically connected to a light exit end-face (1b) with the second PhC fiber input end aligned with the optical axis of the optical element (1). An output end of a first SM fiber (3a) is optically connected to the input end of the first PhC fiber (2a) with the first SM fiber output-end aligned with the optical axis of the first PhC fiber. An input end of a second SM fiber (3b) is optically connected to an output end of the second PhC fiber with the second SM fiber input-end aligned with the optical axis of the first PhC fiber.

(57) 要約: 本発明の光ファイバ部品は、光学素子1と、MFD(30~50  $\mu$ m程度)の大きい一对のPhCファイバ2a、2bと、MFD(10  $\mu$ m程度)の小さい一对のSMファイバ3a、3bとを備えている。一对のPhCファイバ2a

(締葉有)

WO 2004/011973 A1



(84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR). 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

---

、2bは、光を伝搬させるコア21a、21bと、コア21a、21bの外周に設けられたクラッド22a、22bとを備えている。光学素子1の光入射端面1aには第1のPhCファイバ2aの出力端が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続され、光出射端面1bには第2のPhCファイバ2bの入力端が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続されている。また、第1のPhCファイバ2aの入力端には第1のSMファイバ3aの出力端が第1のPhCファイバの光軸と一致させて光学的に接続され、第2のPhCファイバの出力端には第2のSMファイバ3bの入力端が第1のPhCファイバの光軸と一致させて光学的に接続されている。

## 明細書

## 光ファイバ部品

## 技術分野

5 この発明は、光ファイバ部品に係わり、特に、光伝送システムを構成する光伝送路と光素子間などの光の結合部分に使用される光ファイバ部品に関する。

## 背景技術

一般に、光伝送システムは、光伝送路やバルク型光デバイス（光アイソレータ、  
10 光スイッチなど）などを備えており、これらの光伝送路やバルク型光デバイスにおいては、光伝送路を構成する光ファイバから出射する光がバルク型光デバイスに入射され、バルク型光デバイスから出射する光が再び光ファイバに入射するよう構成されている。

ここで、光ファイバから出射する光はレンズによってコリメートされ、バルク  
15 型光デバイスから出射する光は再びレンズによって集光されて光ファイバに入射するように構成されている。

しかしながら、このような構成の光の結合においては、光ファイバとしてコア  
径が小さいシングルモードファイバ（Single Mode Fiber：以下  
「SMファイバ」と略称する。）を使用した場合、SMファイバ、レンズおよび  
20 バルク型光デバイスのアライメントが複雑化するため、コストアップの要因になるという難点があった。

このため、（イ）図11に示すように、バルク型光デバイス10の両端に一対  
のグリンレンズ（Gradient Index Lens）20a、20bを配  
設し、これらのグリンレンズ20a、20bの両側に一対のSMファイバ30a、  
25 30bを配設したいわゆるグリンレンズ方式（特開2001-75026号公報、  
特開平11-52293号公報参照）、（ロ）図12に示すように、バルク型光  
デバイス10の両端にTEC（Thermal Expanded）処理を施した  
一対のファイバ（以下「TECファイバ」と略称する。）40a、40bの一方  
の端面をそれぞれ光学的に接続し、一対のTECファイバ40a、40bの他方

の端面にそれぞれSMファイバ30a、30bを光学的に接続したいわゆるT E C方式（特開昭63-33706号公報参照）、（ハ）図13に示すように、バルク型光デバイス10の両端に一対のグレーデットインデックスファイバファイバ（G r a d e d I n d e x F i b e r：以下「G I ファイバ」と略称する。）50a、50bの一方の端面を光学的に接続し、一対のG I ファイバ50a、50bの他方の端面にそれぞれSMファイバ30a、30bを光学的に接続したいわゆるG I F方式が提案されている（J. L I G H T W A V E T E C H N O L O G Y V O L. L T · 5 N O. 9 1 9 8 7、J. L I G H T W A V E T E C H N O L O G Y V O L. 2 0 N O. 5 2 0 0 2参照）。

しかしながら、（イ）のグリンレンズ方式においては、シングルモードで光デバイスと光接続されることから接続損失が低く、構成部品が安価であるものの、構成が複雑であり、アライメントに要する工程が増え、全体的にコストアップになるという難点があった。また、（ロ）のT E C方式においては、シングルモードでコア拡大が可能となり、T E Cファイバ部分の放射損失が低いことから低損失でモードフィールド径（M o d e F i e l d D i a m e t e r：以下「M F D」と略称する。）の拡大が可能となり、さらに、シングルモードで光デバイスと光接続されることから接続損失が低くなるものの、構成部品が高価であり、T E C加工に長時間を要し、さらに、T E Cファイバ部分の長さを調整することが困難であるという難点があった。さらに、（ハ）のG I F方式においては、構成部品が安価であり、比屈折率差やコア径などのG I ファイバの作製条件によりM F Dの大きさやG I ファイバの長さを調整することができるものの、シングルモードで光デバイスと光接続することができないという難点があり、また、G I ファイバの長さを調整することによってコリメート光にする必要があるため、G I ファイバの長さの微妙な調整が難しく、ひいては十分なコリメートを得ることができず、また対向するSMファイバとG I ファイバ間における接続損失が大きくなるという難点があった。

本発明は、上述の難点を解決するためになされたもので、フォトニック結晶ファイバ（以下「P h C ファイバ」と略称する。）を用いることにより、シングルモードで光学素子と光接続することができ、接続損失が低い光ファイバ部品を提

供することを目的としている。

### 発明の開示

このような目的を達成するため、本発明の光ファイバ部品は、一方に光入射端面を有し、他方に光出射端面を備える光学素子と、光学素子の両端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対の PhC ファイバと、一対の PhC ファイバの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対の SM ファイバとを備え、一対の PhC ファイバの MFD は、一対の SM ファイバの MFD よりもそれぞれ相対的に大きくされている。

また、本発明の光ファイバ部品は、一方に光入射端面を有し、他方に光出射端面を備える光学素子と、光学素子の両端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対の PhC ファイバと、一対の PhC ファイバの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のコリメートレンズと、一対のコリメートレンズの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対の SM ファイバとを備え、一対の PhC ファイバの MFD は、一対の SM ファイバの MFD よりもそれぞれ相対的に大きくされ、一対のコリメートレンズの MFD は SM ファイバから PhC ファイバに向かってそれぞれ漸次緩やかに拡径されている。

さらに、本発明の光ファイバ部品における光学素子は、光アイソレータ、光フィルタ、光スイッチ若しくは光可変減衰器またはこれらの組合せから構成されている。

本発明の光ファイバ部品は、SM ファイバと、SM ファイバの一方の端面に、一方の端面が光学的に接続され、その MFD が SM ファイバの MFD よりも相対的に大きくされた PhC ファイバとを備え、PhC ファイバの外径は、光コネクタを構成するフェルールと実質的に同径とすることも可能である。

また、本発明の光ファイバ部品は、SM ファイバと、SM ファイバの一方の端面に、一方の端面が光学的に接続され、その MFD が漸次緩やかに拡径されたコリメートレンズと、コリメートレンズの他方の端面に、一方の端面が光学的に接続され、その MFD が SM ファイバの MFD よりも相対的に大きくされた PhC ファイバとを備え、PhC ファイバの外径は、光コネクタを構成するフェルール

と実質的に同径とすることも可能である。

さらに、本発明の光ファイバ部品におけるコリメートレンズは、グレーデットインデックスファイバで構成することも可能である。

本発明の光ファイバ部品における PhCファイバの端面に、GIファイバの端面を融着することも可能である。  
5

また、本発明の光ファイバ部品における PhCファイバの先端部に、コネクタハウジングを取り付けることも可能である。

さらに、本発明の光ファイバ部品における PhCファイバのMFDは、少なくとも  $20 \mu m$  であることが好ましい。

10 本発明の光ファイバ部品によれば、PhCファイバを用いることにより、シングルモードで光学素子と光接続することができることから、接続損失を小さくすることができる。また、PhCファイバによれば、MFDの大きさを自由に設計することができることから、シングルモードでコア拡大が可能となり、ひいては、光学素子の設計に応じて容易に光結合を行なうことができる。さらに、PhCファイバのMFDを大きくすることで伝搬光の回折角が小さくなり、ひいては、光学素子へ結合する際の接続損失を小さくすることができる。  
15

#### 図面の簡単な説明

図1は本発明の光ファイバ部品の第1の実施形態を示す説明図で、図1(a) 20 は同光ファイバ部品の一部縦断面図、図1(b)は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図2は本発明の光ファイバ部品におけるPhCファイバの横断面図である。

図3は本発明の光ファイバ部品の第2の実施形態を示す説明図で、図3(a) 25 は同光ファイバ部品の一部断面図、図3(b)は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図4は本発明の光ファイバ部品の第3の実施形態を示す説明図で、図4(a) は同光ファイバ部品の一部断面図、図4(b)は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図5は本発明の光ファイバ部品の第4の実施形態を示す説明図で、図5(a)

は同光ファイバ部品の一部断面図、図 5 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図 6 は本発明の光ファイバ部品の第 5 の実施形態を示す説明図で、図 6 (a) は同光ファイバ部品の一部断面図、図 6 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図 7 は本発明の光ファイバ部品の第 6 の実施形態を示す説明図で、図 7 (a) は同光ファイバ部品の一部断面図、図 7 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図 8 は本発明の光ファイバ部品の第 7 の実施形態を示す説明図で、図 8 (a) は同光ファイバ部品の一部縦断面図、図 8 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図 9 は本発明の光ファイバ部品の第 8 の実施形態を示す説明図で、図 9 (a) は同光ファイバ部品の一部縦断面図、図 9 (b) は同光ファイバ部品中を伝搬する波形の説明図である。

図 10 は本発明の光ファイバ部品の第 9 の実施形態を示す平面図である。

図 11 は従来の光ファイバ部品の一部縦断面図である。

図 12 は従来の光ファイバ部品の一部縦断面図である。

図 13 は従来の光ファイバ部品の一部縦断面図である。

## 20 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の光ファイバ部品を適用した好ましい実施の形態例について、図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る光ファイバ部品の一部縦断面図、図 2 は P h C ファイバの横断面図を示している。

図 1において、本発明の光ファイバ部品は、光アイソレータ、光フィルタ、光スイッチ若しくは光可変減衰器またはこれらの組合せから構成される光学素子 1 と、MFD (30 ~ 50  $\mu$ m程度) の大きい一对の P h C ファイバ 2 a、2 b と、MFD (10  $\mu$ m程度) の小さい一对の SM ファイバ 3 a、3 b とを備えており、光学素子 1 の一方には光入射端面 1 a が、他方には光出射端面 1 b が設けられて

いる。また、一対のPhCファイバ2a、2bは、光を伝搬させるコア21a、21bと、コア21a、21bの外周に設けられたクラッド22a、22bとを備えており、同様に、一対のSMファイバ3a、3bも、それぞれ光を伝搬させるコア31a、31bと、コア31a、31bの外周に設けられたクラッド32a、32bとを備えている。

ここで、PhCファイバ2a、2bは、図2に示すように、コア21a、21bに相当する石英等のガラス棒の周りに、クラッド22a、22bに相当するガラス管を多数束ね、規則的に形成されたプリフォームロッドをファイバ状に紡糸したもので構成されている。なお、PhCファイバ2a、2bのコア21a、21bの断面は円形もしくは多角形（六角形など）とされている。

このようなPhCファイバ2a、2bはクラッド22a、22bに相当するガラス管の穴径や穴間距離を調整することで、一般的に使用されるSMファイバに比べ、大きな有効屈折率差、コア径を自由に設計することが可能となり、さらに、使用する波長に応じてシングルモードで大きなMFDを実現できる特徴を備えている。

次に、光学素子1の光入射端面1aには、図中左側のPhCファイバ2a（以下「第1のPhCファイバ2a」という。）の一方の端面（出力端）が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続され、光出射端面1bには、図中右側のPhCファイバ2b（以下「第2のPhCファイバ2b」という。）の一方の端面（入力端）が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続されている。また、第1のPhCファイバ2aの他方の端面（入力端）には、図中左側のSMファイバ3a（以下「第1のSMファイバ3a」という。）の一方の端面（出力端）が第1のPhCファイバの光軸と一致させて光学的に接続され、第2のPhCファイバの他方の端面（出力端）には、図中右側のSMファイバ3b（以下「第2のSMファイバ3b」という。）の一方の端面（入力端）が第2のPhCファイバ2bの光軸と一致させて光学的に接続されされている。なお、第1、第2のPhCファイバ2a、2bと第1、第2のSMファイバ3a、3b間は、鏡面加工した両者の接続端面をバーナーやアーク放電などで加熱することにより融着接続することができ、また、第1のPhCファイバ2aの出力端と光学素子1間および第

2のP h Cファイバ2 aの入力端2 bと光学素子1間は、光学的な接着剤またはマッチングオイルなどの塗布により光学的に接続することができる。

このような構成の光ファイバ部品においては、図1 (b) に示すように、第1

のSMファイバ3 aの入力端から入射される光は、小さいMFDの波形3 3 aで

5 第1のSMファイバ3 a中を伝搬し、第1のSMファイバ3 aの出力端から出射される。また、第1のSMファイバ3 aから出射される光は、第1のP h Cファイバ2 aの入力端に入射され、第1のP h Cファイバ2 aにおいて大きいMFDの波形2 3 aに拡大され、シングルモードで第1のP h Cファイバ2 a中を伝搬し、光学素子1の光入射端面1 aに入射される。そして、光学素子1を通過し、  
10 その光出射端面1 bから出射される光は、第2のP h Cファイバ2 bの入力端に入射され、この第2のP h Cファイバ2 b中を大きいMFDの波形2 3 bでかつシングルモード状態で伝搬し、第2のP h Cファイバ2 bの出力端から出射される。また、第2のP h Cファイバ2 bから出射される光は、第2のSMファイバ3 bの入力端に入射され、この第2のSMファイバ3 bにおいて小さいMFDの波形3 3 bに縮小され、シングルモードで第2のSMファイバ3 b中を伝搬する。  
15

従って、第1の実施形態に係る光ファイバ部品によれば、シングルモードで光学素子と光接続することができることから、接続損失を小さくすることができる。

図3は、本発明の第2の実施形態に係る光ファイバ部品の一部縦断面図を示し

ている。なお、同図において、図1および図2と共に通する部分には同一の符号を

20 付して詳細な説明を省略する。

図3において、第2の実施形態に係る光ファイバ部品は、一方に光入射端面1 aを、他方に光出射端面1 bを有する光学素子1を備えており、この光学素子1

の光入射端面1 aには第1のP h Cファイバ2 aの一方の端面(出力端)が光学

素子1の光軸と一致させて光学的に接続され、光出射端面1 bには第2のP h C

25 ファイバ2 bの一方の端面(入力端)が光学素子1の光軸と一致させて光学的に接続されている。また、第1のP h Cファイバ2 aの他方の端面(入力端)には

第1のG Iファイバ4 aの一方の端面(出力端)が第1のP h Cファイバ2 aの光軸と一致させて光学的に接続され、第2のP h Cファイバ2 bの他方の端面

(出力端)には第2のG Iファイバ4 bの一方の端面(入力端)が第2のP h C

(出力端)には第2のG Iファイバ4 bの一方の端面(入力端)が第2のP h C

ファイバ2 b の光軸と一致させて光学的に接続されている。さらに、第1のG I ファイバ4 a の他方の端面（入力端）には第1のSMファイバ3 a の一方の端面（出力端）が第1のG I ファイバ4 a の光軸と一致させて光学的に接続され、第2のG I ファイバ4 b の他方の端面（出力端）には第2のSMファイバ3 b の一方の端面（入力端）が第2のG I ファイバ4 b の光軸と一致させて光学的に接続されている。  
5

ここで、第1、第2のPhCファイバ2 a、2 b のMFD（30～50 μm 程度）は、第1、第2のSMファイバ3 a、3 b のMFD（10 μm 程度）よりも大きくされ、また、第1、第2のG I ファイバ4 a、4 b のMFDは、それぞれ第1、第2のSMファイバ3 a、3 b から対応する第1、第2のPhCファイバ2 a、2 b に向かって10 μm 程度から30～50 μm 程度に漸次緩やかに拡大されている。  
10

第2の実施形態に係る光ファイバ部品においては、図3（b）に示すように、第1のSMファイバ3 a の入力端から入射される光は、小さいMFDの波形3 3 a で第1のSMファイバ3 a 中を伝搬し、第1のSMファイバ3 a の出力端から出射される。また、第1のSMファイバ3 a から出射される光は、第1のG I ファイバ4 a の入力端に入射され、第1のG I ファイバ4 a においてMFDの波形4 3 a が10 μm 程度から30～50 μm 程度に漸次緩やかに拡大されて、第1のPhCファイバ2 a の入力端に入射される。そして、第1のPhCファイバ2 a において大きいMFDの波形2 3 a でかつシングルモードで第1のPhCファイバ2 a 中を伝搬し、光学素子1の光入射端面1 a に入射される。しかし、光学素子1を通過し、その光出射端面1 b から出射される光は、第2のPhCファイバ2 b の入力端に入射され、この第2のPhCファイバ2 b 中を大きいMFDの波形2 3 b でかつシングルモード状態で伝搬し、第2のPhCファイバ2 b の出力端から出射される。また、第2のPhCファイバ2 b から出射される光は、第2のG I ファイバ4 b の入力端に入射され、この第2のG I ファイバ4 b においてMFDの波形4 3 b が30～50 μm 程度から10 μm 程度に漸次緩やかに縮小されて、第2のSMファイバ3 b の入力端に入射され、この第2のSMファイバ3 b において小さいMFDの波形3 3 b でかつシングルモードで第2のSM

  
20  
25

ファイバ3 b 中を伝搬する。

従って、第2の実施形態に係る光ファイバ部品においても、シングルモードで光学素子と光接続することができることから、接続損失を小さくすることができる。

5 図4は、本発明の第3の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図3と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

第3の実施形態に係る光ファイバ部品においては、光学素子として光アイソレータ1 aが使用されている。

10 この実施例において光学測定を行なったところ、波長1550 nmにて、第1、第2のSMファイバ3 a、3 b間における挿入損失が0.5 dBで、アイソレーションが4.5 dBであった。

15 図5は、本発明の第4の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図3と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

第4の実施形態に係る光ファイバ部品においては、光学素子として光可変減衰器1 bが使用されている。

この実施例において光学測定を行なったところ、波長1550 nmにて、駆動電圧が0～10 Vで、可変減衰量が0.5～2.5 dBであった。

20 図6は、本発明の第5の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図3と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

第5の実施形態に係る光ファイバ部品においては、光学素子として光スイッチ1 cが使用されている。

25 この実施例において光学測定を行なったところ、波長1550 nmにて、駆動電圧が0、10 Vで、減衰量が0.5、2.5 dBであった。

図7は、本発明の第6の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図4と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

第6の実施形態に係る光ファイバ部品においては、図4に示す第1、第2のSMファイバ3a、3bに代えて第1、第2のSM-NSP (Non-Stripable Primary Coated) ファイバ3a'、3b'が使用されている。ここで、SM-NSPファイバ3a'、3b'は、例えば外径が115 $\mu$ mのクラッドの表面に、非剥離性のポリマ樹脂から成るNSP層を薄く（例えば5 $\mu$ m程度）被覆した光ファイバ心線で、被覆除去後もNSP層がクラッドを保護するため機械的強度が高く、また、NSP径が125 $\mu$ m程度とされ、通常のSMファイバと同等の性能を有している。

この実施例においては、V溝上にそれぞれ端面を研磨した第1、第2のSM-NSPファイバ3a'、3b'、第1、第2のGIファイバ4a、4bおよび第1、第2のPhCファイバ2a、2bが配置され、各端面がメカニカルスライスで固定されている。なお、これらのファイバの各端面にはマッチングオイルが塗布されている。

この実施例において光学測定を行なったところ、波長1550nmにて、第1、第2のSM-NSPファイバ3a'、3b'間における挿入損失が1dBで、アイソレーションが42dBであった。

図8は、本発明の第7の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図1から図3と共通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

図8において、第7の実施形態に係る光ファイバ部品は、MFD (30~50 $\mu$ m程度) の大きい第1のPhCファイバ2a（または第2のPhCファイバ2b）と、MFD (10 $\mu$ m程度) の小さい第1のSMファイバ3a（第2のSMファイバ3b）とを備えており、両者の接続端面は前述の実施例と同様に両者の光軸を一致させて光学的に接続されている。

ここで、第1のPhCファイバ2a（または第2のPhCファイバ2b）の外径Dは、例えばFCコネクタ（不図示）などの光コネクタに実装されるフェルール（不図示）の径（1.25mm）と実質的に同径とされている。

この実施例においては、第1のPhCファイバ2a（または第2のPhCファイバ2b）の外径Dが光コネクタのフェルールの径と実質的に同径とされている

ことから、コネクタ形状で光学素子1との光結合を行なうことができる。

図9は、本発明の第8の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。

なお、同図において、図1から図3および図8と共に通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

5 図9において、第8の実施形態に係る光ファイバ部品は、MFD (30~50  $\mu$ m程度) の大きい第1、第2のPhCファイバ2a、2bと、MFD (10  $\mu$ m程度) の小さい第1、第2のSMファイバ3a、3bとを備えており、両者の接続端面はそれぞれ前述の実施例と同様にそれぞれ両者の光軸を一致させて光学的に接続されている。

10 ここで、第1、第2のPhCファイバ2a、2bの外径Dは、第3の実施形態に係る光ファイバ部品と同様に、それぞれフェルールの径と実質的に同径とされている。

この実施例においては、第1、第2のPhCファイバ2a、2bの外径Dが光コネクタのフェルールの径と実質的に同径とされていることから、コネクタ形状15 で第1のPhCファイバ2aと第2のPhCファイバ2bとの光結合を容易に行なうことができる。

図10は、本発明の第9の実施形態に係る光ファイバ部品の説明図を示している。なお、同図において、図1から図3および図8から図9と共に通する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

20 図10において、第9の実施形態に係る光ファイバ部品は、MFD (30~50  $\mu$ m程度) の大きい第1のPhCファイバ2a (または、第2のPhCファイバ2b) と、MFD (10  $\mu$ m程度) の小さい第1のSMファイバ3a (または、第2のSMファイバ3b) とを備えており、両者の接続端面は前述の実施例と同様に両者の光軸を一致させて光学的に接続されている。ここで、第1のPhCファイバ2a (または、第2のPhCファイバ2b) の外径は、第3の実施形態に係る光ファイバ部品と同様に、フェルールの径と実質的に同径とされている。

また、第1のPhCファイバ2a (または、第2のPhCファイバ2b) の一方の端部 (先端部) の外周には、スペーサ (不図示) を介してコネクタハウジング5が取り付けられており、第1のPhCファイバ2a (または、第2のPhC

ファイバ2 b) の先端面は、コネクタハウジング5の端面より若干突出する如くして配設されている。

この実施例においては、コネクタハウジング5の取り付けにより、第1のPhCファイバ2 a (または、第2のPhCファイバ2 b) の先端部がプラグ形状とされていることから、当該第1のPhCファイバ2 a (または、第2のPhCファイバ2 b) の先端部をアダプタ (不図示) に接続することができる。

なお、前述の実施例においては、PhCファイバのMFDを30~50 μmにした場合について述べているが、当該MFDは、少なくとも20 μm必要である。

20 μm未満にすると、PhCファイバとSMファイバ (若しくはGIファイバ) との光軸合わせが困難になるからである。

また、前述の実施例においては、第1、第2のPhCファイバと第1、第2のSMファイバとを光学的に接続した場合について説明しているが、第1、第2のPhCファイバと第1、第2のSMファイバ間に、第1、第2のコリメートレンズを光学的に接続してもよい。

15 さらに、前述の実施例においては、第1、第2のPhCファイバの外径と第1、第2のGIファイバの外径を同径にした場合について述べているが、前者の外径と後者の外径を異ならせてもよい。

### 産業上の利用の可能性

20 以上の説明から明らかなように、本発明の光ファイバ部品によれば、PhCファイバを用いることにより、シングルモードで光学素子と光接続することができることから、接続損失を小さくすることができる。また、PhCファイバによれば、MFDの大きさを自由に設計することができることから、シングルモードでコア拡大が可能となり、ひいては、光学素子の設計に応じて容易に光結合を行なうことができる。さらに、PhCファイバのMFDを大きくすることで伝搬光の回折角が小さくなり、ひいては、光学素子へ結合する際の接続損失を小さくすることができる。

## 請求の範囲

1. 一方に光入射端面を有し、他方に光出射端面を備える光学素子と、前記光学素子の両端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のフォトニック結晶ファイバと、前記一対のフォトニック結晶ファイバの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のシングルモードファイバとを備え、  
前記一対のフォトニック結晶ファイバのモードフィールド径は、前記一対のシングルモードファイバのモードフィールド径よりもそれぞれ相対的に大きくされていることを特徴とする光ファイバ部品。
2. 一方に光入射端面を有し、他方に光出射端面を備える光学素子と、前記光学素子の両端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のフォトニック結晶ファイバと、前記一対のフォトニック結晶ファイバの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のコリメートレンズと、前記一対のコリメートレンズの他方の端面にそれぞれ一方の端面が光学的に接続された一対のシングルモードファイバとを備え、  
前記一対のフォトニック結晶ファイバのモードフィールド径は、前記一対のシングルモードファイバのモードフィールド径よりもそれぞれ相対的に大きくされ、前記一対のコリメートレンズのモードフィールド径は前記シングルモードファイバから前記フォトニック結晶ファイバに向かってそれぞれ漸次緩やかに拡径されていることを特徴とする光ファイバ部品。
3. 前記光学素子は、光アイソレータ、光フィルタ、光スイッチ若しくは光可変減衰器またはこれらの組合せから構成されていることを特徴とする請求項1または請求項2記載の光ファイバ部品。
4. シングルモードファイバと、前記シングルモードファイバの一方の端面に、一方の端面が光学的に接続され、そのモードフィールド径が前記シングルモードファイバのモードフィールド径よりも相対的に大きくされたフォトニック結晶ファイバとを備え、  
前記フォトニック結晶ファイバの外径は、光コネクタを構成するフェルールと実質的に同径とされていることを特徴とする光ファイバ部品。
5. シングルモードファイバと、前記シングルモードファイバの一方の端面に、

一方の端面が光学的に接続され、そのモードフィールド径が漸次緩やかに拡径されたコリメートレンズと、コリメートレンズの他方の端面に、一方の端面が光学的に接続され、そのモードフィールド径が前記シングルモードファイバのモードフィールド径よりも相対的に大きくされたフォトニック結晶ファイバとを備え、

5 前記フォトニック結晶ファイバの外径は、光コネクタを構成するフェルールと実質的に同径とされていることを特徴とする光ファイバ部品。

6. 前記コリメートレンズは、グレーデットインデックスファイバであることを特徴とする請求項 2 または請求項 5 記載の光ファイバ部品。

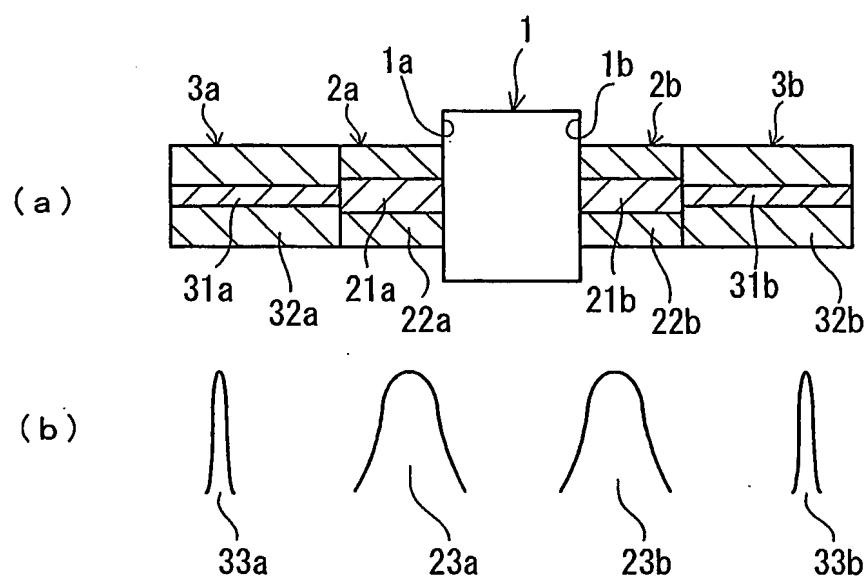
7. 前記フォトニック結晶ファイバの端面に、前記グレーデットインデックスファイバの端面が融着されていることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ部品。

8. 前記フォトニック結晶ファイバの先端部に、コネクタハウジングが取り付けられていることを特徴とする請求項 4 から 7 の何れかに記載の光ファイバ部品。

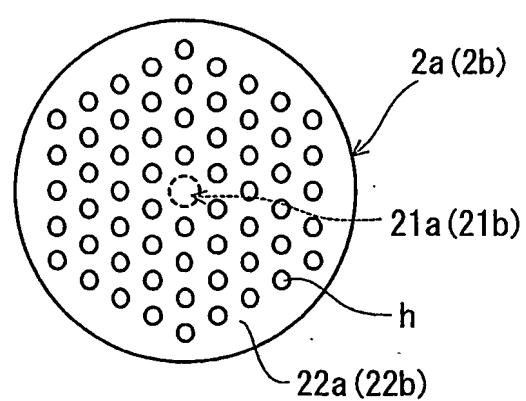
9. 前記フォトニック結晶ファイバのモードフィールド径は、少なくとも  $20 \mu m$  であることを特徴とする請求項 1 から 8 の何れかに記載の光ファイバ部品。

1/6

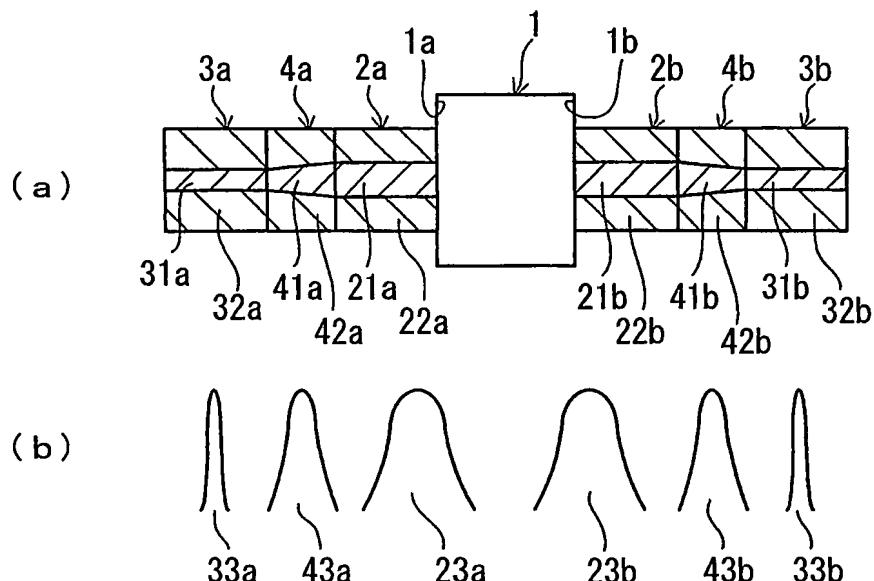
第 1 図



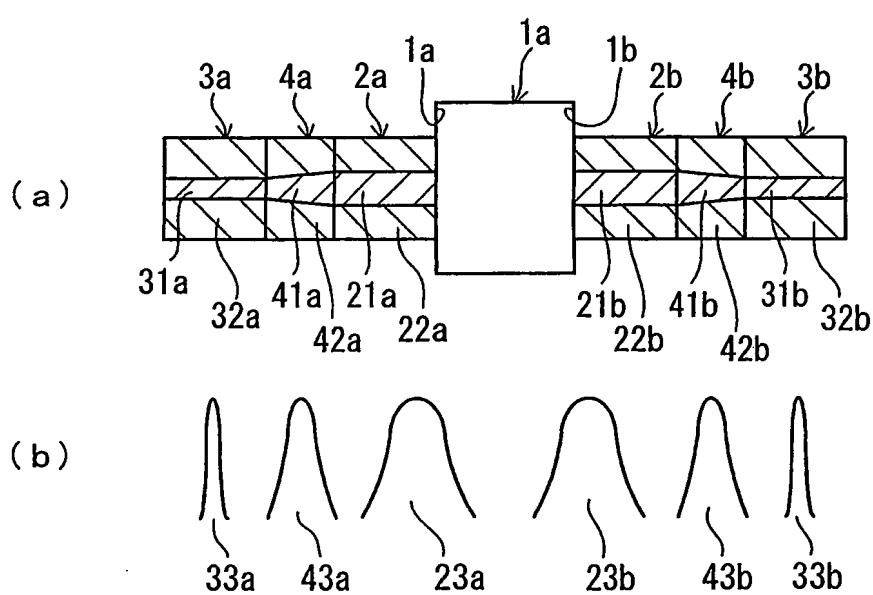
第 2 図



第 3 図

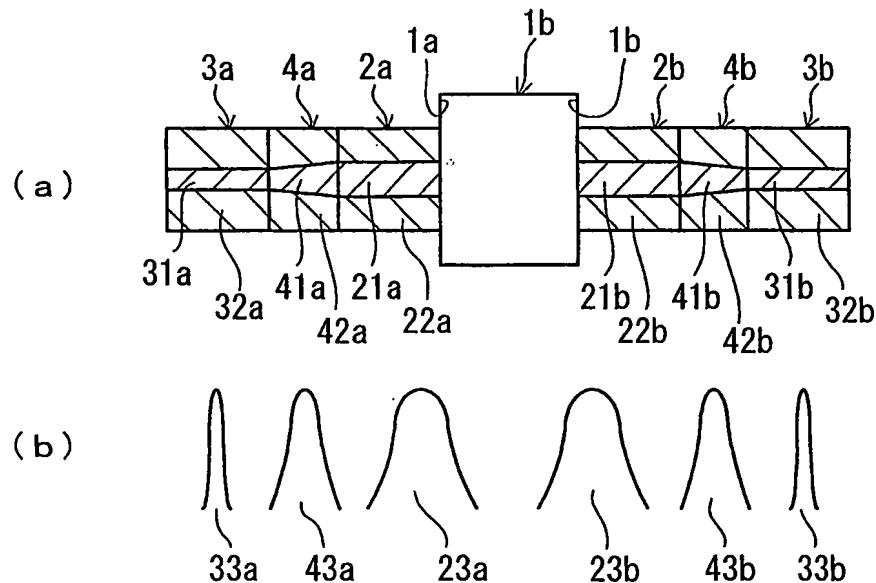


第 4 図

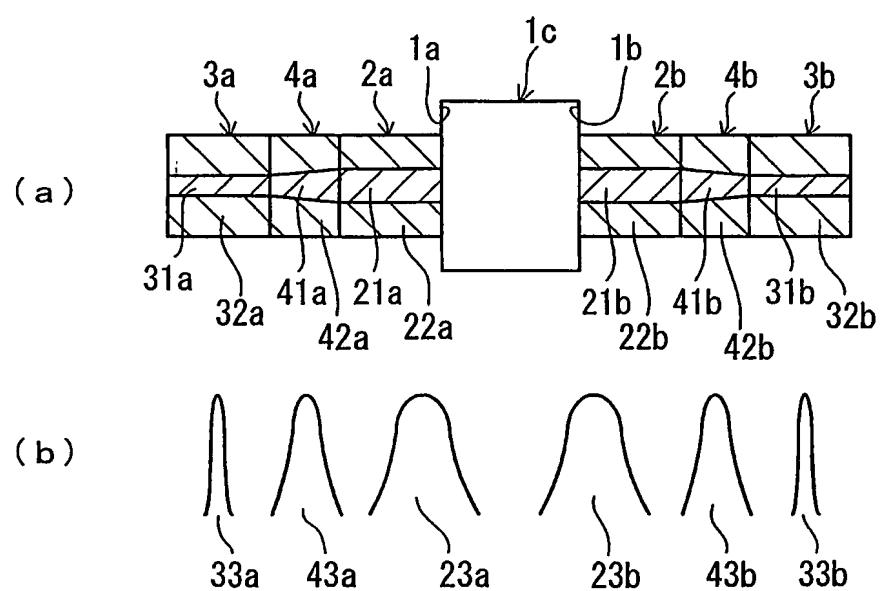


3/6

第 5 図

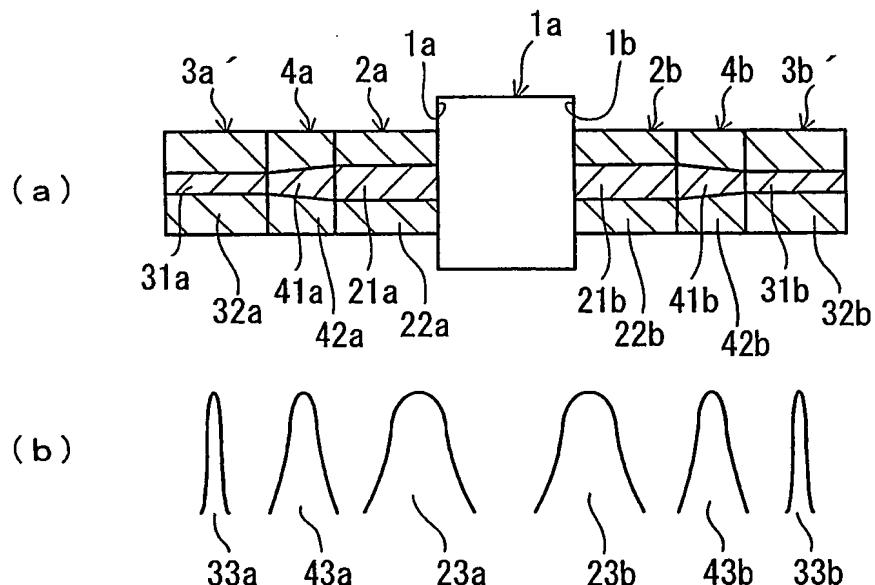


第 6 図

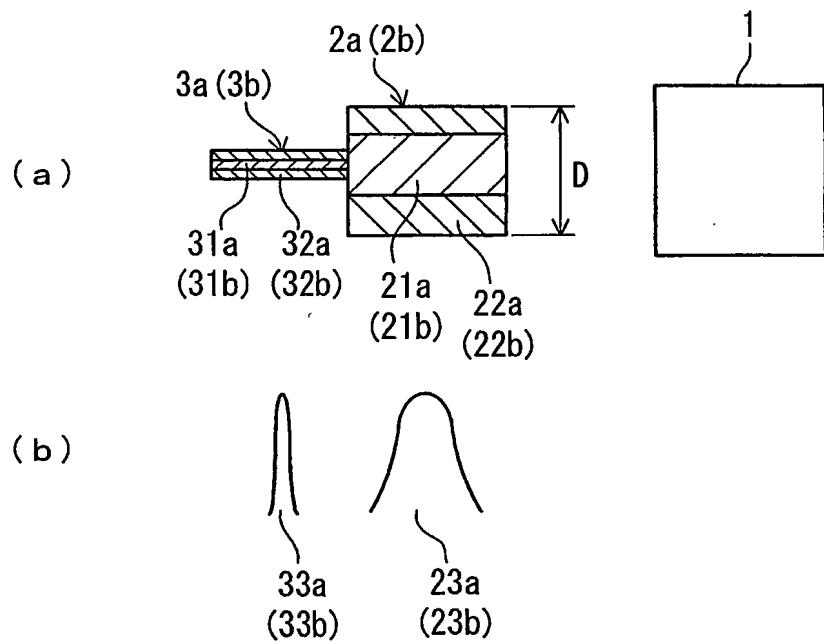


4/6

第 7 図

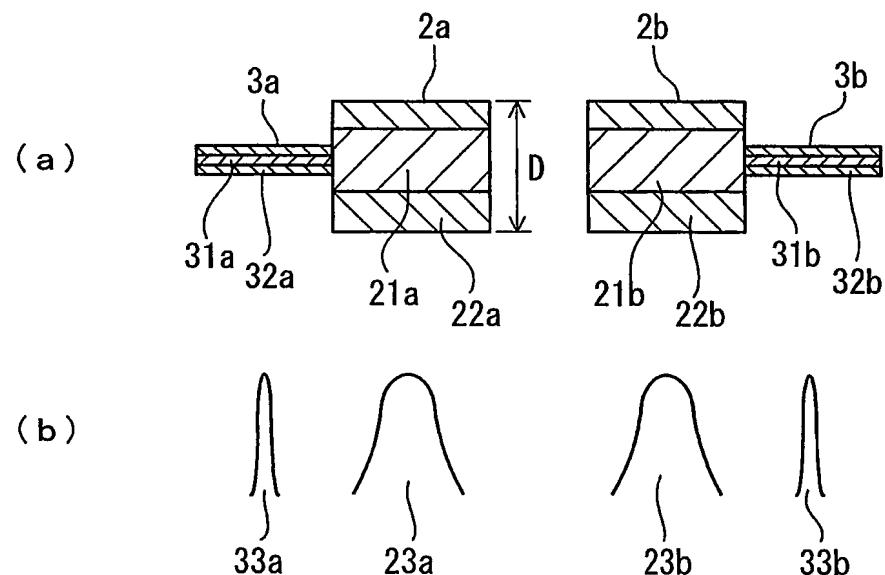


第 8 図

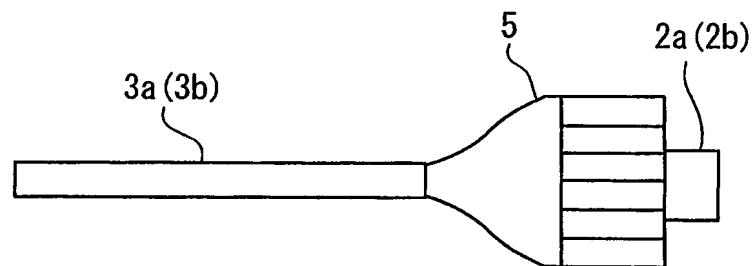


5/6

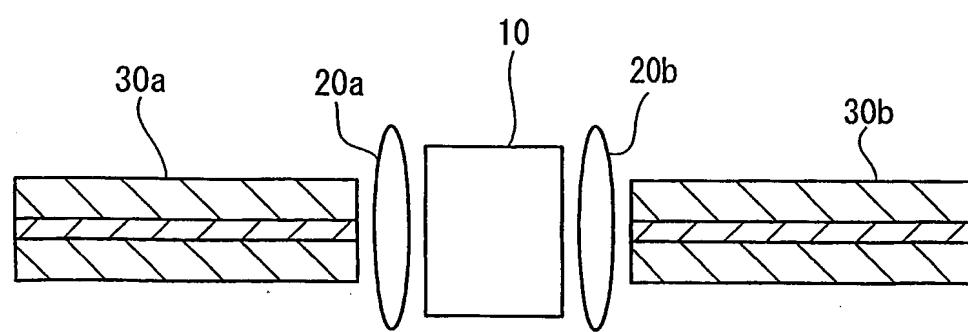
第 9 図



第 10 図

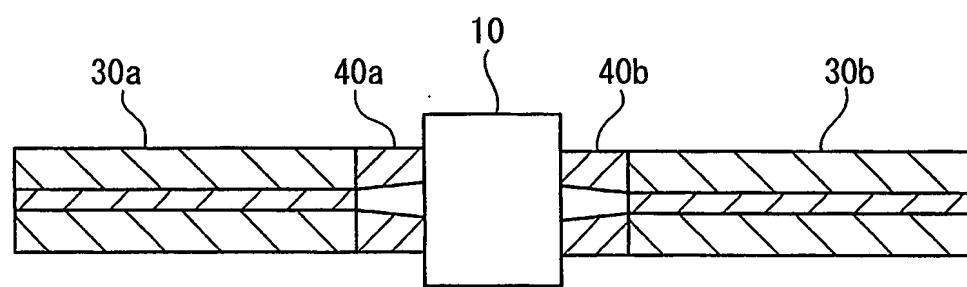


第 11 図

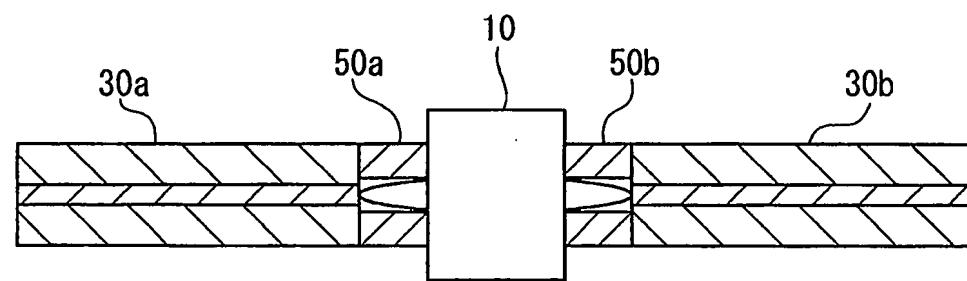


6/6

第 12 図



第 13 図



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP03/08203

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/10, G02B6/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/10, G02B6/26, G02B6/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
 JICST FILE (JOIS)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-34837 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 10 February, 1994 (10.02.94), Par. Nos. [0015] to [0017]; Fig. 2 (Family: none)	1-9
Y	BIRKS, T.A. et al 'Endlessly single-mode photonic crystal fiber.', In: OPTICS LETTERS., July 1997, Vol.22, No.13, p.961-3	1-9
Y	WO 01/71403 A1 (CORNING INC.), 27 September, 2001 (27.09.01), Page 8, line 32 to page 9, line 5; page 11, lines 10 to 23; Figs. 1, 9 & JP 2003-528347 A Par. Nos. [0020], [0027]; Figs. 1, 9 & EP 1285294 A & US 2002-9261 A1 & AU 4756301 A	1-9

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search 02 October, 2003 (02.10.03)	Date of mailing of the international search report 21 October, 2003 (21.10.03)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08203

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5-40209 A (Mitsubishi Electric Corp.), 19 February, 1993 (19.02.93), Par. Nos. [0014] to [0016]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	2,3,6,7
Y	EP 1046935 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.), 25 October, 2000 (25.10.00), Par. Nos. [0024], [0044] to [0046]; Figs. 1, 6 & WO 19253 A1 & CA 2309029 A & US 6332053 B1	1-9
A	JP 62-191806 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 22 August, 1987 (22.08.87), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-9
P,A	JP 2002-243971 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 28 August, 2002 (28.08.02), Full text; Figs. 5 to 7 (Family: none)	1-9

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' G02B6/10, G02B6/26

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' G02B6/10, G02B6/26, G02B6/42

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICST FILE (JOIS)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 6-34837 A (住友電気工業株式会社) 1994. 0 2. 10, 段落番号【0015】-【0017】、図2 (ファミリーなし)	1-9
Y	BIRKS, T. A. et al 'Endlessly single-mode photonic crystal fiber.' In: OPTICS LETTERS. July 1997, Vol. 22, No. 13, p. 961-3	1-9

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02. 10. 03

国際調査報告の発送日

21. 10. 03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 博之

2K 3211

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 01/71403 A1 (CORNING INCORPORATED) 2001.09. 27, 第8頁第32行目—第9頁第5行目, 第11頁第10行目— 第11頁第23行目, Figure 1, 9 & JP 2003-528347 A, 段落番号【0020】 【0027】 , Figure 1, 9 & EP 1285294 A & US 2002-9261 A1 & AU 4756301 A	1-9
Y	JP 5-40209 A (三菱電機株式会社) 1993.02. 19, 段落番号【0014】—【0016】 , 図1—4 (ファミリーなし)	2,3,6,7
Y	EP 1046935 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 2000.10.25, 段落番号【0024】 , 【0044】— 【0046】 , Fig 1, 6 & WO 19253 A1 & CA 2309029 A & US 6332053 B1	1-9
A	JP 62-191806 A (日本電信電話株式会社) 1987.08.22, 全文, 第1—3図 (ファミリーなし)	1-9
PA	JP 2002-243971 A (三菱電線工業株式会社) 2002.08.28, 全文, 図5—7 (ファミリーなし)	1-9